

О ФОРСИРОВКЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МУФТ

ФИЛИППОВ М. Ф.

Доцент, кандидат технических наук

Введение

Электромагнитные муфты трения позволяют применять для вращения периодически запускаемых или реверсируемых приводов наиболее дешевый, простой и надежный в эксплуатации асинхронный двигатель.

Наибольшее применение электромагнитные муфты находят в приводах с очень частым пуском и реверсированием, где продолжительность цикла измеряется несколькими секундами. При большой продолжительности циклов переходные режимы (пуск, торможение, реверсирование) не имеют заметного значения, но в приводах с малой продолжительностью циклов переходные режимы оказывают большое влияние на работу привода и занимают относительно значительное время, в основном определяют общую продолжительность цикла. Дальнейшее сокращение продолжительности цикла в этом случае может быть проведено только за счет сокращения продолжительности переходных процессов.

Электромагнитные муфты находят также применение для управления вспомогательными механизмами, где во многих случаях требуется точность управления во времени. Точность управления может быть достигнута только тогда, когда пуск, остановка или реверсирование происходят почти мгновенно. Таким образом и в этом случае выдвигается требование максимального сокращения продолжительности переходных процессов.

Исследование способов интенсификации переходных процессов в приводе с электромагнитной муфтой в данное время имеет важное значение еще и потому, что электромагнитные быстродействующие муфты включены в число элементов электропривода, „которые необходимо осваивать и производить в третьей пятилетке“. (Электричество 1939 г. № 4 стр. 10).

Переходный процесс при пуске

Общее время, необходимое для пуска привода с электромагнитной муфтой составляется из трех частей: 1) t_a — время нарастания тока возбуждения, а следовательно, и магнитного потока от момента включения катушки сердечника до момента соприкосновения трущихся поверхностей муфты, 2) t_1 — время разгона диска при наличии скольжения между трущимися поверхностями до момента сцепления их и 3) t — время разгона до установившейся скорости при сцепленных сердечнике и диске, если двигатель привода обладает мягкой характеристикой и в процессе сцепления муфты заметно снижает скорость вращения.

Для уменьшения продолжительности переходного процесса следует добиваться максимального сокращения всех трех составляющих.

Форсировка возбуждения муфты

При включении обмотки возбуждения сердечника муфты на постоянное напряжение U_n ток возбуждения не сразу, а постепенно достигает своего установившегося значения I_m , следовательно притяжение диска к сердечнику произойдет не в момент включения катушки сердечника, а с некоторым запозданием на время t_a , так как магнитный поток только при достижении определенной величины способен притянуть диск к сердечнику муфты, преодолев трение диска при осевом перемещении, преодолев натяжение отжимающих пружин и инерцию диска.

Закон нарастания тока в катушке сердечника можно выразить уравнением

$$I = I_m \left(1 - e^{-\frac{t}{T_m}} \right) = I_m \left(1 - e^{-\frac{t}{\frac{L_m}{r_m}}} \right), \quad (1)$$

где:

r_m — омическое сопротивление обмотки сердечника муфты;

$I_m = \frac{U_n}{r_m}$ — установившийся ток возбуждения муфты;

L_m — коэффициент самоиндукции обмотки сердечника;

$T_m = \frac{L_m}{r_m}$ — постоянная времени электромагнитной инерции муфты.

Если пренебречь влиянием токов Фуко в сердечнике и диске, то при слабо насыщенном магнитопроводе муфты можно допустить пропорциональность между током возбуждения и магнитным потоком муфты, т. е.

$$\Phi = \Phi_m \left(1 - e^{-\frac{t}{T_m}} \right), \quad (2)$$

где Φ_m — магнитный поток, соответствующий установившемуся току возбуждения муфты I_m .

Из уравнения (2) следует, что продолжительность процесса возрастания потока будет тем меньше, чем меньше значение T_m .

На этом основан один из способов форсировки возбуждения, заключающихся в том, что в цепь возбуждения включается добавочное сопротивление R (рис. 1).

При этом напряжение U_c выбирается так, чтобы, несмотря на добавочное сопротивление R , ток возбуждения устанавливался равным номинальному. В этом случае величина $T'_m = \frac{L_m}{r_m + R}$ будет меньше чем $T_m = \frac{L_m}{r_m}$ и процесс возрастание тока ускорится.

Кроме указанного выше способа форсировки применяется способ, при котором к обмотке возбуждения в момент включения подводится напряжение U_c выше номинального.

Для этого последовательно с обмоткой включается сопротивление R (рис. 2), которое вначале шунтируется контактором K .

Когда ток возбуждения достигнет величины близкой к номинальному значению (I_m), контакты K размыкаются, включается добавочное сопротивление R и форсировка прекращается.

На рис. 3 кривая 1 соответствует процессу без форсировки, кривые 2 и 2' относятся к форсировке по первому способу (для двух различных значений R) и кривая 3 получена при форсировке по второму способу.

Несмотря на применение указанных способов форсировки возбуждения переходные процессы электромагнитной муфты требуют дальнейшего сокращения.

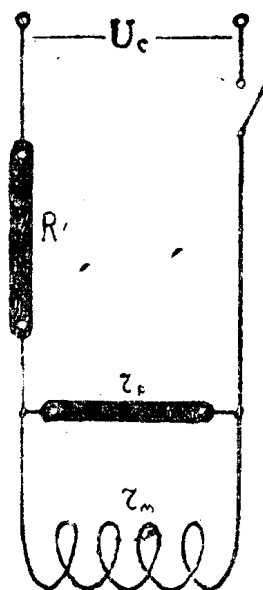


Рис. 1

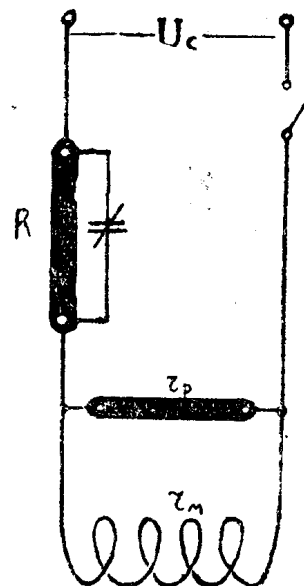


Рис. 2

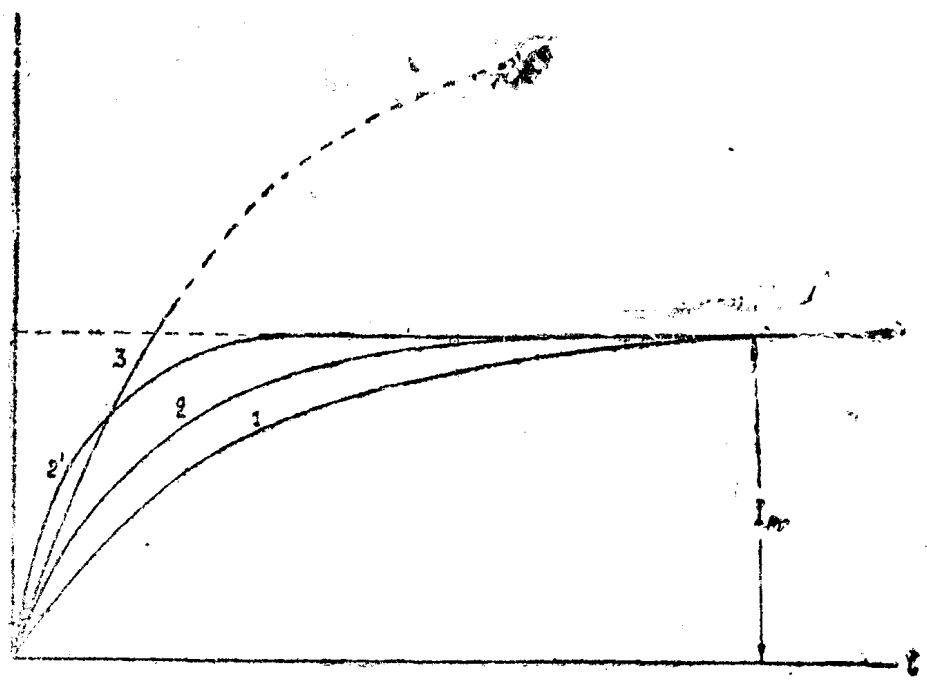


Рис. 3

Форсировка процесса сцепления

Как указывалось выше, соприкосновение трущихся поверхностей муфты происходит с некоторым запозданием после включения катушки. На рис. 4 показана кривая нарастания тока возбуждения, и точка а соответ

ствуется мгновению соприкосновения диска и сердечника. Следовательно, начало разгона или реверсирования следует считать через промежуток времени t_a от момента включения катушки сердечника.

Кроме того, кривая рис. 4 показывает, что ток возбуждения, а, следовательно, и крутящий момент муфты, не сразу после начала трения между

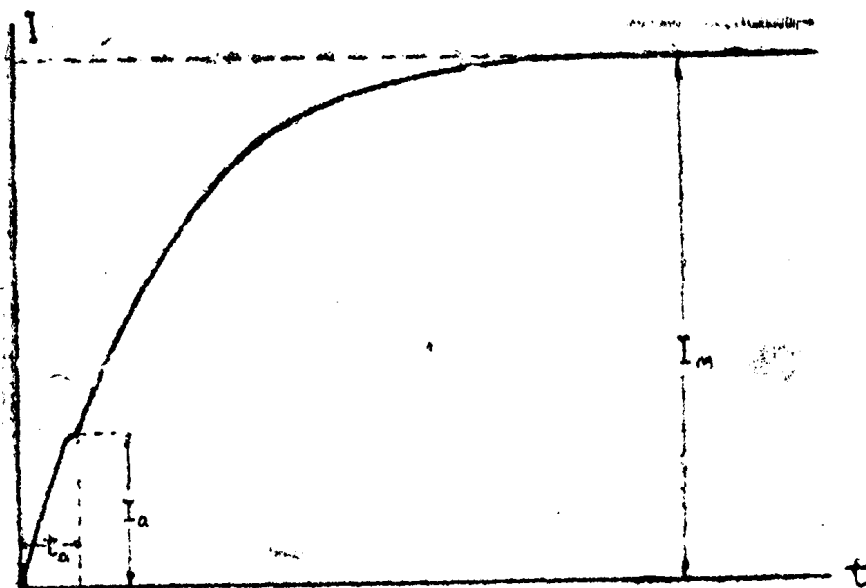


Рис. 4

диском и сердечником достигает своего наибольшего (нормального) значения.

Это обстоятельство также приводит к увеличению продолжительности процесса пуска. Например, продолжительность разгона привода с электромагнитной муфтой за счет трения между диском и сердечником определяется выражением:

$$t_1 = \frac{J_2 \omega_s}{M_T - M_2} \left(1 - \frac{M_1 + M_2}{A} \right)^1, \quad (3)$$

где M_T — крутящий момент при трении между диском и сердечником муфты принят постоянным.

Следовательно, чем больше значение M_T в процессе сцепления, тем быстрее происходит разгон привода.

Из всего вышеизложенного следует, что для сокращения продолжительности переходных процессов привода с электромагнитной муфтой необходим такой способ форсировки, который ускорял бы нарастание магнитного потока и, кроме того, обеспечивал в процессе сцепления муфты значительный крутящий момент.

В приводе с электромагнитной муфтой, где нереверсируемая часть привода обладает большим маховым моментом, можно допускать крутящий момент M_T (при скольжении между диском и сердечником) значительно больше установившегося момента муфты M_M , соответствующего установившемуся току возбуждения I_M .

При применении асинхронного двигателя, как показали опыты автора, крутящий момент M_T в процессе сцепления муфты может быть больше опрокидывающего момента двигателя ($M_{опр.}$), так как вследствие непро-

1) Филиппов М. Ф. „Переходные режимы асинхронного двигателя в приводе с электромагнитной муфтой“. — Известия ГИИ, 1940, № 59, вып. II.

должительности процесса сцепления муфты, двигатель, обладающий значительной кинетической энергией, не успевает сбавить число оборотов до скольжения, соответствующего опрокидывающему моменту. Автором предлагается специально для электромагнитных муфт новый способ фор-

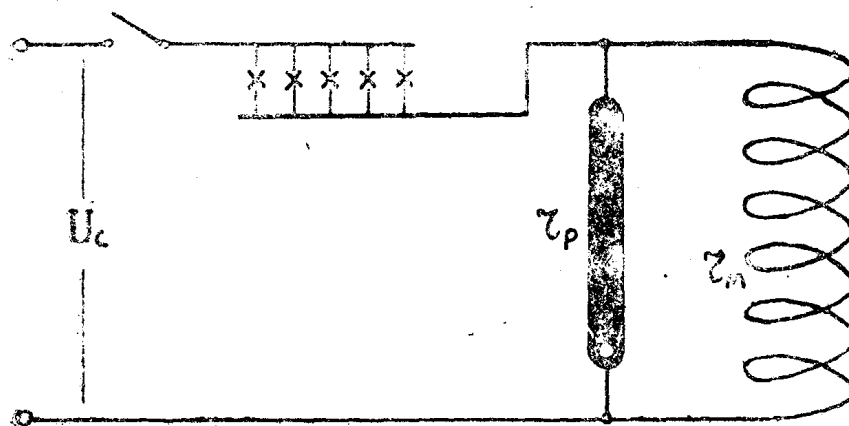


Рис. 5

сировки, который удовлетворяет поставленным выше условиям. Для форсировки по предлагаемому способу последовательно с катушкой муфты включается сопротивление, величина которого резко возрастает при повышении температуры. В опытах автора в качестве такого сопротивления применялись лампы накаливания с металлической нитью (рис. 5).

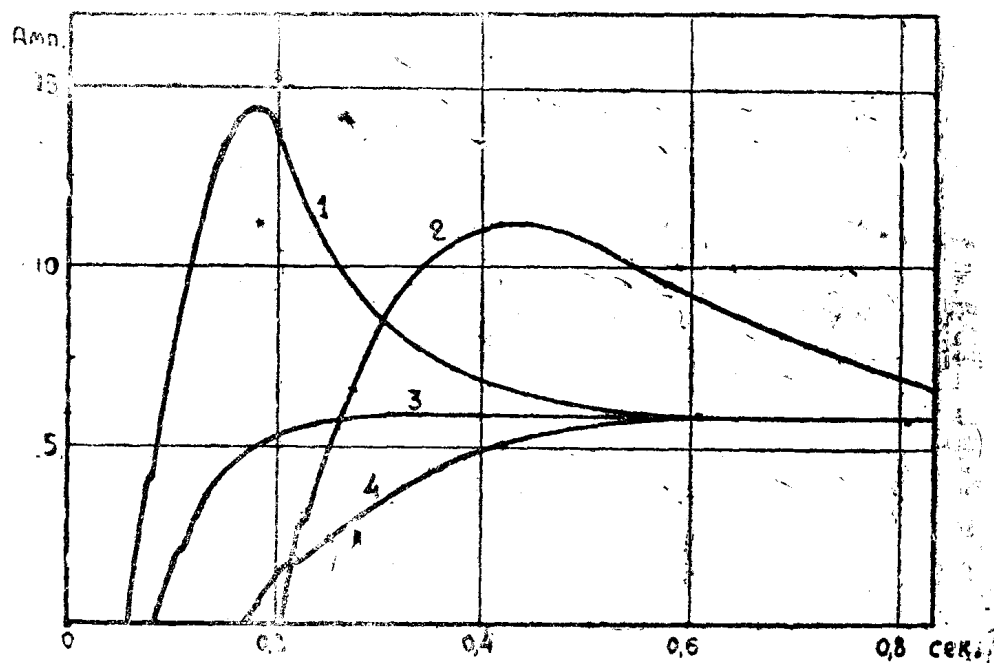


Рис. 6

В первый момент после включения, при холодных лампах, цепь катушки возбуждения имеет заниженное сопротивление и катушка оказывается включенной как бы на повышенное напряжение.

Ток возбуждения быстро возрастает до значения больше установившегося, но вследствие повышения температуры нитей лампы, за счет большого тока, сопротивление ламп возрастает и ток быстро падает, принимая установившееся значение.

На осциллограммах рис. 6 для сравнения показаны кривые изменения тока возбуждения при различных способах форсировки, но при одном и том же значении установившегося тока ($I_M = 6_A$).

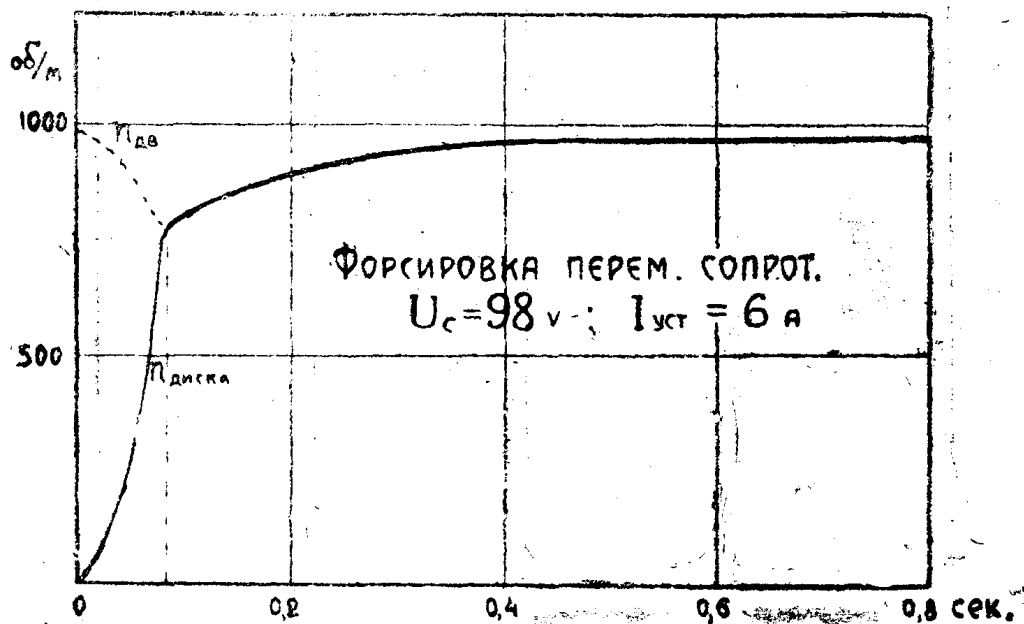


Рис. 7

Соответственно кривым 1, 3 и 4 на рис. 7, 8 и 9 представлены осциллограммы разгона диска муфты. Для возможности сравнения все кривые совмещены на рис. 10.

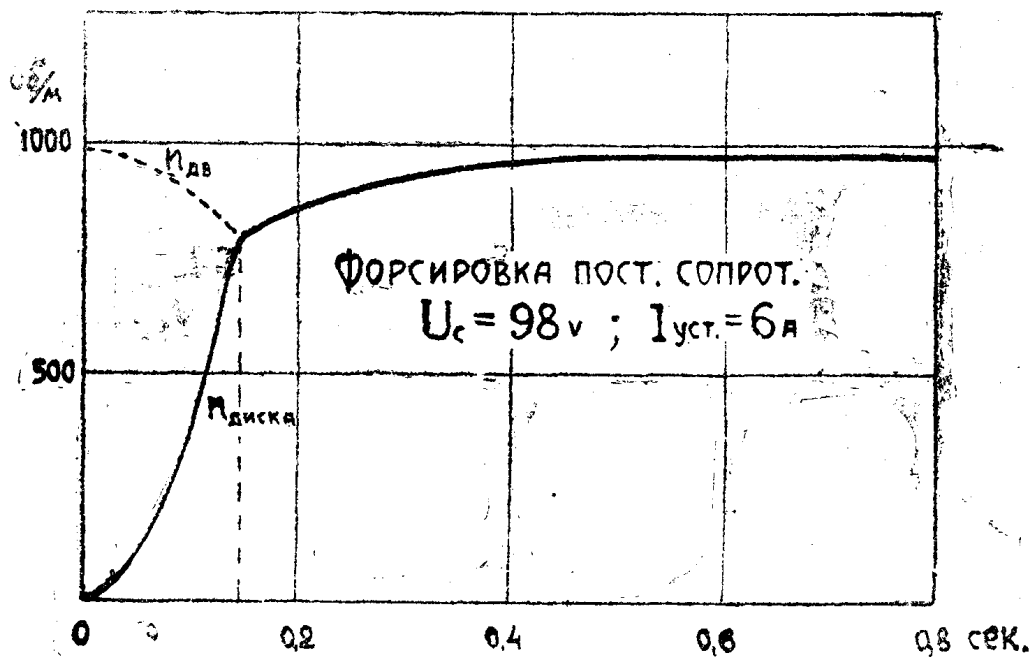


Рис. 8

Из сравнения полученных осциллограмм можно заключить, что предлагаемый автором способ форсировки дает значительное сокращение переходного процесса.

Если без форсировки разгон в процессе сцепления муфты длится 0,22 сек., а при форсировке по первому из ранее описанных способов за-

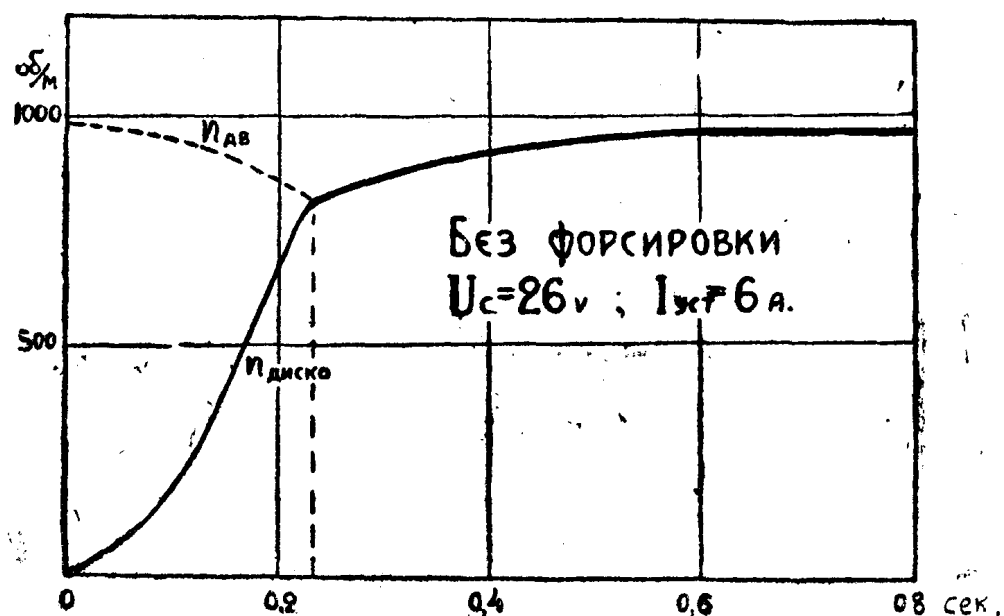


Рис. 9

нимает 0,16 сек., то при форсировке переменным сопротивлением на разгон затрачивается всего 0,085 сек.

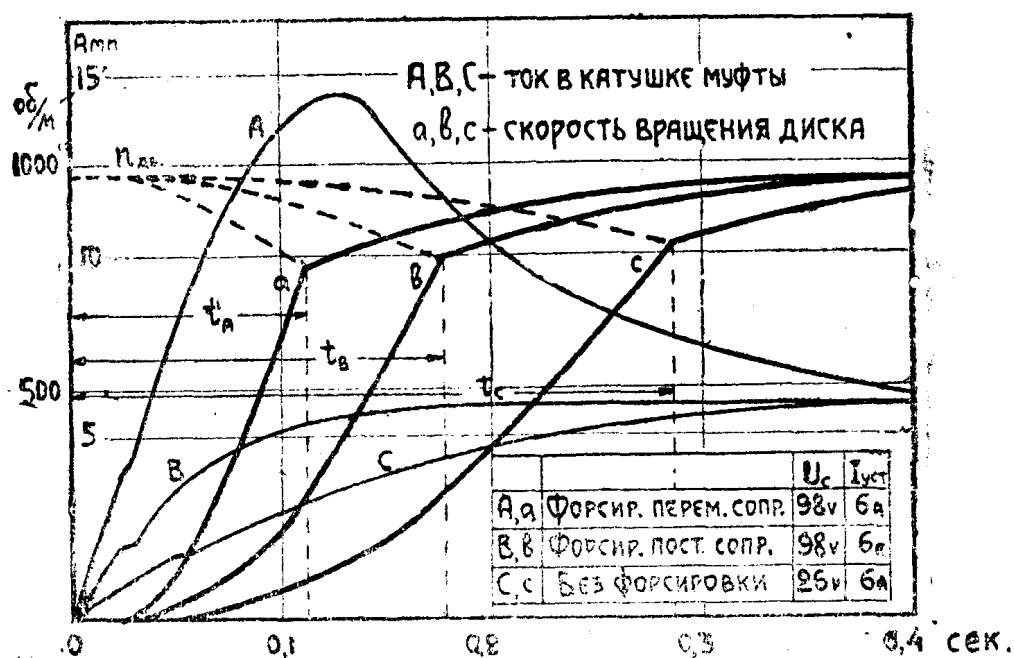


Рис. 10

Кривая 4 — Без форсировки; $r_m = 4,3$ ома; $U_c = 26$ вольт.

Следовательно, форсировка переменным сопротивлением с успехом может быть применен для быстродействующих электромагнитных муфт.